

BENTONIT: MINERALOGI, SIFAT-SIFAT DAN KEGUNAANNYA

RADZUAN JUNIN

Pengenalan

Bentonit adalah lempung plastik yang mempunyai banyak kegunaannya dalam berbagai bidang industri. Dalam istilah geologi bentonit adalah sejenis batuan yang terdiri dari hablur mineral lempung/tanah liat yang dikenal dengan nama montmorilonit.

Nama bentonit dalam dunia perdagangan yang diberikan pada jenis lempung/montmorilonit ini, pertama kali dipergunakan oleh Knight (1898) untuk sesuatu jenis lempung koloid (sangat plastik) yang terdapat dalam formasi Benton, Rock Creek, Wyoming, Amerika Syarikat. Nama ini diusulkan sebagai pengganti dari nama-nama yang telah ada sebelumnya iaitu "Soapy Clay" (1873) atau "Taylorite" (1888).

Gilson (1960), mentakrifkan bentonit adalah lempung yang komposisi mineralnya terdiri dari 85% montmorilonit.

Nama montmorilonit itu sendiri berasal dari suatu jenis mineral yang terkandung dalam lempung plastik yang diketemukan di Montmorilon, Prancis pada tahun 1847 dan Dana memperkenalkan nama ini ke dunia antarabangsa pada

tahun 1892.

Kemungkinan takrif yang paling sesuai bagi bentonit sebagai mineral industri telah diberi oleh Grim (1978). Mengikut beliau, bentonit adalah terdiri dari mineral montmorilonit yang dimasukkan ke dalam kumpulan smektit. Bentonit boleh dibahagi kepada dua jenis. Jenis pertama dikenal sebagai bentonit mengampul (swelling bentonite) atau Na-Bentonit, iaitu jenis bentonit yang mengembang apabila dicelup ke dalam air atau dikenal dengan nama "Wyoming Bentonite". Jenis kedua adalah bentonit yang tidak mengembang apabila dicelupkan ke dalam air (non-swelling bentonit) atau Ca,Mg-bentonit.

Bentonit mula dilombong dalam tahun 1888, berdekatan Rock River, Wyoming dimana diguna dalam membuat kosmetik. Kegunaan bentonit sebagai pengikat pasir foundri telah diperkenal dalam tahun 1920, iaitu diguna dalam foundri besi dan keluli.

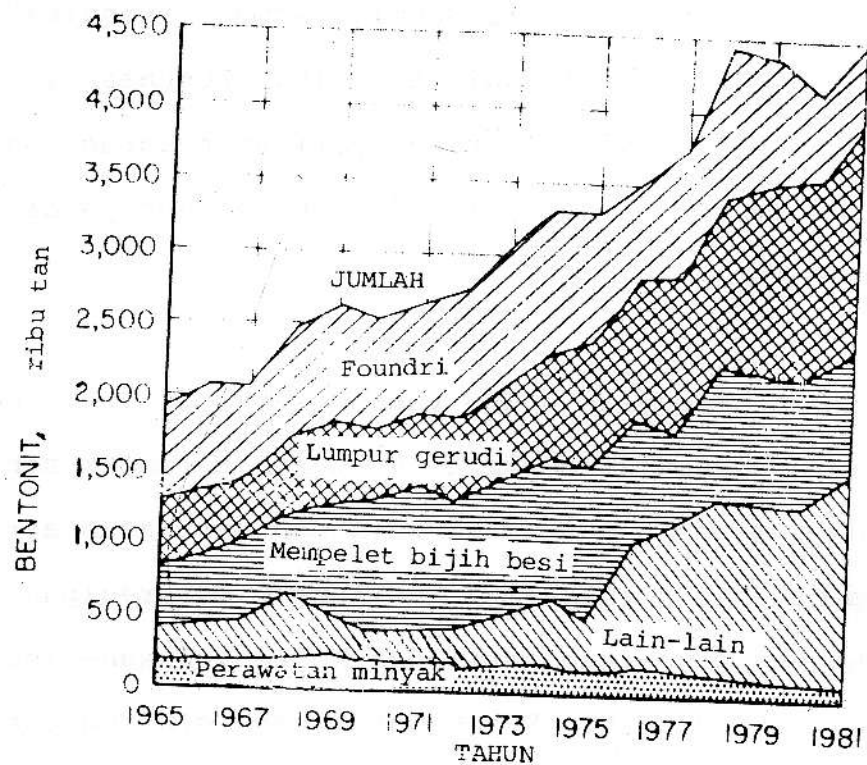
Bentonit pertama kali diguna sebagai lumpur gerudi pada penghujung tahun 1920-an dan awal tahun 1930-an. Bentonit yang bersifat pengampulan tinggi adalah jenis yang paling berkesan/sesuai untuk lumpur gerudi.

Permintaan bagi bentonit bertambah sepanjang Perang Dunia II dan pada tahun 1950 jumlah tahunan sebanyak 1 juta tan dicapai. Lebih dari 2 juta tan telah di-

keluarkan dalam tahun 1966 dan puncak pengeluaran dalam tahun 1978 dimana jumlah pengeluaran bentonit dunia adalah 6,625,204 tan. Amerika Syarikat merupakan pengeluar utama di dunia, iaitu mengeluarkan sebanyak 4,184,619 tan sebagaimana ditunjuk dalam Rajah 1 (Lefond, 1983).

Awal tahun 1950an, syarikat-syarikat pembuat keluli telah mengguna bentonit jenis Wyoming sebagai pengikat dalam mempelet bijih besi jenis takonit. Kegunaan ini bertambah dengan cepat dan di Amerika Syarikat sekarang ini lebih kurang satu pertiga dari keluaran tahunannya diguna bagi tujuan ini.

Disamping kegunaan utama yang disebut di atas, bentonit juga diguna dalam berbagai keluaran termasuk sebagai agen penapisan (penjernih wain dan perawatan air sisa), galangan air (menghalang kehilangan air resipan dari takungan, pengairan parit dan kolam lupusan-sisa, resipan melalui dinding tingkat bawah tanah, dinding terowong dan lain-lain struktur), ramuan dalam kosmetik, makanan haiwan, farmasi, pengisi berkoloid dalam cat tertentu, bahan penambah kepada bahan mentah ceramik untuk meningkatkan keplastikan, bahan perencat api dan berbagai kegunaan lagi.



Rajah 1 : Penggunaan bentonit di Amerika Syarikat (Lefond, 1983)

Mineralogi

Kandungan mineral utama dalam bentonit adalah smektit.

Istilah smektit diguna sebagai satu nama kumpulan dan montmorilonit adalah satu nama spesis mineral.

Montmorilonit, termasuk jenis natrium dan kalsium adalah ahli yang paling biasa dari kumpulan smektik yang terbentuk dalam bentonit.

Mineral smektit terbentuk dalam partikal yang sangat kecil, oleh itu penjelasan yang teliti agak sukar diperolehi. Struktur smektit (bagi kebanyakan yang menerimanya) dibentuk oleh gabungan dua kepingan silika tetrahedron dan antaranya terdapat satu kepingan alumina hidroksil oktahedron. Jarak antara kekisi bagi setiap lapisan adalah 14\AA dan ruang antara lapisan tersebut boleh diisi oleh molekul air atau kation boleh tukar (Rajah 2).

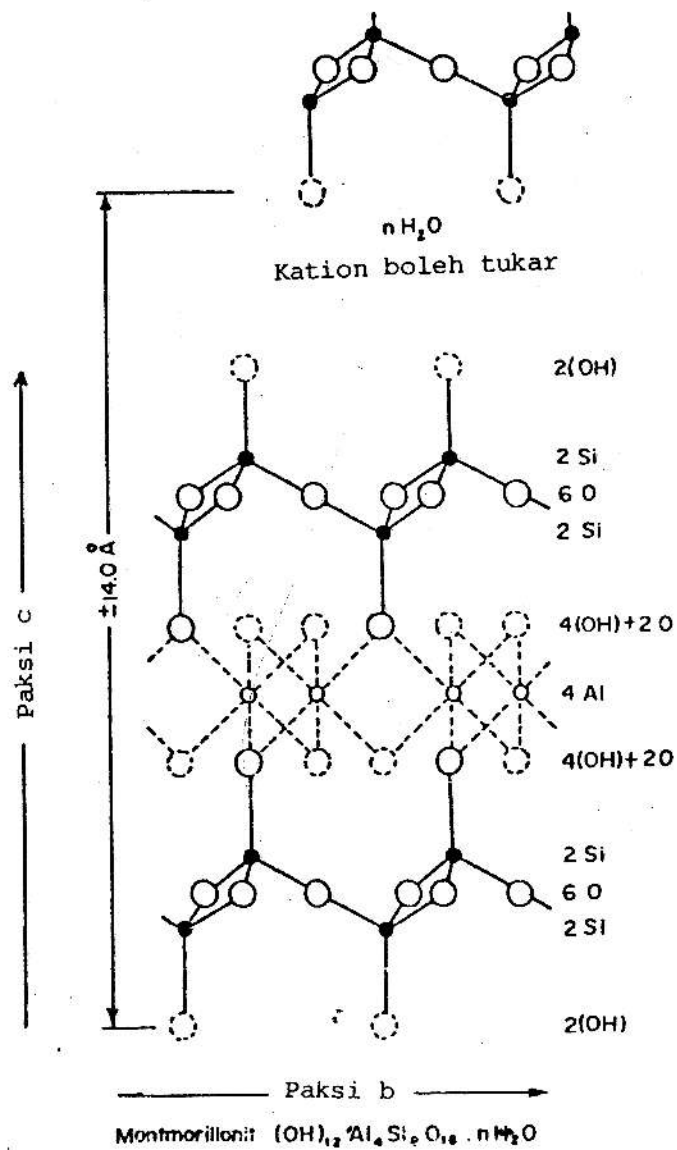
Secara teori, formula struktur bagi bentonit adalah $(\text{OH})_4 \text{Si}_8 \text{Al}_4 \text{O}_{20} \text{nH}_2\text{O}$ dan komposisinya tanpa bahan antara lapisan adalah $\text{SiO}_2 = 66.7\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 28.3\%$ dan $\text{H}_2\text{O} = 5\%$. Walaubagaimanapun, smektit wujud di bumi dalam bentuk formula dan komposisi yang berbeza dengan secara teori. Ini adalah kerana penggantian dari berbagai ion untuk silikon dalam kepingan tetrahedron dan untuk aluminium dalam kepingan oktahedron. Muatan pertukaran kation bagi kebanyakan bentonit adalah dalam julat 60

hingga 150 milisetara per 100g.

Lapisan dari satu unit smektit adalah ditindan oleh lapisan oksigen dari kepingan silika tetrahedron dari unit jirannya. Hanya ikatan yang lemah wujud antara unit-unit dan air atau molekul-molekul kutub yang lain boleh memasuki antara lapisan unit tersebut yang menyebabkan kekisi mengembang dalam arah paksi C.

Sifat-sifat pertukaran ion memainkan peranan yang penting di dalam mengawal atau mempengaruhi sifat-sifat fizik bentonit. Secara am, bentonit yang mempunyai Na^+ sebagai ion utama boleh tukar, mempunyai sifat muatan pengampulan dan sifat berkoloid yang sangat tinggi. Bentonit yang mempunyai Ca^{2+} sebagai ion utama boleh tukar hanya mengumpul lebih sedikit sahaja dari lain-lain jenis lempung.

Secara umum bentonit dapat terjadi oleh 4 (empat) cara proses iaitu : proses pelapukan, proses ubahan kerana larutan hidrotermal, proses devitrifikasi pada batuan tuf kaca yang diendapkan dalam lingkungan air dan proses pengendapan secara kimiawi dalam keadaan pH dan kandungan silika yang tinggi.



Rajah 2: Skema struktur kekisi hablur mineral smektit (montmorilonit).

Sifat-Sifat dan Kegunaan

Bentonit mempunyai bermacam-macam kegunaan yang luas di dalam berbagai jenis industri, antara lain seperti industri petroleum, industri kimia, industri keramik, industri pertanian dan lain-lain lagi. Ini adalah disebabkan oleh adanya beberapa jenis sifat yang dimiliki oleh bentonit tersebut yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang industri sebagaimana telah disebut di atas.

Menurut Grim (1968), sifat-sifat bentonit tergantung dari sifat mineral pembentuknya yaitu smektit. Smektit sebagai komponen penyusun utama dari bentonit, sifatnya juga sangat bergantung pada komposisi unsur-unsur kimia, struktur bina atom dan morfologinya. Selanjutnya Grim menyatakan bahwa susunan unsur-unsur silika dan alumina smektik, mempunyai struktur yang khas, berlapis seperti susunan kepingan-kepingan kertas pada sebuah buku, dimana ikatan antara lapisan-lapisan tersebut sangatlah longgar hingga memberikan kemungkinan molekul H_2O (air) masuk ke dalamnya. Akibatnya mineral smektit tersebut akan mudah menyerak dalam air menjadi partikel-partikel yang sangat kecil. Selain itu pula, air yang berada dalam lapisan-lapisan mineral smektit tersebut, oleh karena sifat dari permukaan mineral tersebut yang datar, sifat-sifat air tersebut akan berubah dan jauh berbeza dari

sifat-sifat air biasa.

Akibat sifat-sifat tersebut di atas maka komposisi mineral smektit selalu dalam keadaan tidak seimbang (dengan muatan negatifnya) yang hanya dapat diseimbangkan dengan muatan kation yang diambil dari luar seperti natrium (Na), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg).

Dari seluruh sifat-sifat yang dimiliki oleh bentonit itu, sifat-sifat fizik dan kimia yang paling penting dan banyak diteliti untuk dimanfaatkan kegunaannya adalah sebagai berikut:-

Muatan pertukaran kation (CEC)

Nilai 'CEC' adalah merupakan sifat yang sangat diperhatikan di dalam dunia perdagangan, terutama apabila bentonit tersebut hendak diguna sebagai lumpur gerudi (drilling mud) semasa penggerudian eksplorasi petroleum. Jika bentonit diguna sebagai bahan penyerap (absorbent), nilai ini juga mempunyai peranan yang sangat penting. Semakin tinggi nilai 'CEC' semakin baik kemampuan penyerapan bentonit tersebut.

Daya Serap

Terdapat 2 (dua) jenis daya serap yang dimiliki oleh bentonit, yang masing-masing dapat ditingkatkan kemampuan-

nya dengan cara menambahkan larutan asid tertentu dengan jumlah tertentu pula. i) Daya serap yang berupa larutan; Sifat ini banyak diperlukan bagi industri penyulingan minyak masak, pemutih minyak gliserin, penjernih dan pembersih larutan gula, sirap dan anggur serta minuman keras (Esme, 1951). Juga dalam perusahaan air minum diperlukan selain sebagai bahan untuk proses penjernihan air, juga untuk pencegahan penyebaran babak penyakit. (ii) Daya serap dalam bentuk tepung; Banyak digunakan dalam bidang khidmat (pembersih lantai-lantai rumah, kilang dan kandang ternakan), iaitu untuk menyerap lemak-lemak yang terdapat dilantai, untuk menyerap tumpahan minyak di kilang-kilang dan pembersih kotoran najis binatang-binatang ternakan. Dalam bidang industri formasi, banyak dipergunakan untuk meningkatkan kestabilan ubat anti biotik.

Luas permukaan

Yang dimaksudkan dengan luas permukaan adalah jumlah luas dari permukaan hablur-hablur atau butir-butir tepung bentonit yang biasanya dinyatakan dalam m^2/gram . Sifat ini sangat penting sebab semakin luas jumlah permukaannya, semakin banyak zat-zat kimia yang terbawa atau melekat atau semakin sempurna liang-liang yang dapat diisi. Disebabkan sifat inilah maka bentonit banyak digunakan dalam industri kimia sebagai zat pembawa dalam racun serangga dan racun perosak, juga sebagai bahan pengisi dan pengembang dalam industri kertas.

Reologi

Sifat ini pada bentonit, yang sangat diutamakan dalam penggunaannya ada 2 jenis:

(i) Sifat kekentalan dan daya ampaiannya:

Oleh kerana ianya bersifat semacam ini, bentonit banyak digunakan sebagai lumpur gerudi. Dalam industri cat ianya bertindak sebagai bahan pengkilap dan untuk mengemulsi bitumen. Dalam industri kimia yang menjalankan kerja pembuatan tinta, bentonit diguna untuk mengawal nilai kepadatannya, daya tembus dan daya pembaurannya hingga dapat merata diseluruh permukaan kertas atau kain selama proses percetakan.

(ii) Tiksotropi:

Kerana bersifat ini, bentonit dapat dipergunakan dalam bidang teknik resipan, iaitu untuk mencegah kebocoran sebuah bendungan, jambatan dan lain-lain binaan. Dalam industri cat diperlukan agar cat tersebut tidak menitis sewaktu dipergunakan. Dalam industri simen dipergunakan sebagai bahan campuran untuk meninggikan nilai ketidak boleh telapan.

Sifat mengikat

Oleh sebab bersifat mengikat bentonit dapat dipergunakan untuk pembuatan pelet-pelet bijih besi, iaitu sebagai bahan pembuatan pasir cetakan dalam industri logam. Dalam industri peternakan, digunakan sebagai media pengumpul bahan-bahan makanan ternakan.

Sifat plastik

Kerana sifat ini, bentonit banyak digunakan dalam industri ceramik iaitu memudahkan kerja-kerja membentuk bahan-bahan ceramik kepada bentuk-bentuk yang dikehendaki ketika dalam keadaan basah.

Penentuan Keluaran (Product Specification)

Penentuan bagi kebanyakan keluaran yang dibuat dari lempung ini disediakan bagi memenuhi keperluan oleh setiap pengguna dan biasanya berbeza di antara satu sama lain.

Lumpur gerudi (Drilling mud)

Penentuan yang paling penting bagi bentonit untuk lumpur gerudi adalah sifat-sifat ampaian, analisis ayakan-basah dan lembapan.

(i) Sifat-sifat ampaian (suspension properties):

Ujian menentukan sifat ampaian melibatkan persediaan ampaian yang terdiri dari 22.5g bentonit dalam 350 ml air suling. Ampaian kemudiannya ditapa (aged) dan selepas itu ditentu kelikatan dan di-kira takat alah (yield point) bagi bacaan dail pada 300 dan 600 rpm yang diperolehi dari penunjuk meter likat (viscometer), sebagaimana mengikut tatacara dan keperluan kelengkapan yang digariskan dalam penentuan "American Petroleum Institute" (API STD 13A, 1969).

Keperluan ampaian yang mustahak selain dari kelikatan ialah ujian cecair turasan, iaitu mengukur isipadu air yang hilang dari ampaian yang disediakan apabila diuji dengan mengguna alatan turas-tekan. Mengikut ketentuan ini, untuk menjadi lumpur gerudi berkualiti, bentonit mesti mempunyai bacaan dail pada 600 rpm sekurang-kurangnya 30, mempunyai takat alah (dalam unit $\text{lb}/100 \text{ ka}^2$) tidak lebih dari tiga kali kelikatan plastik dan isipadu cecair turasan tidak lebih dari 13.5 ml.

(ii) Analisis ayakan-basah (Wet-screen analysis):

Analisis ayakan-basah (ujian grit) adalah mengukur dari bahan-bahan yang terdapat di dalam bentonit yang lebih besar dari jejaring -200 (200-mesh) dari siri ayak Amerika Syarikat. Ujian ini dilakukan dengan mencampurkan log bentonit di dalam 350 ml air yang mengandungi 0.2g agen penyerak. Setelah melalui proses penuaan (aging), ianya dikacau dan akhirnya dibasuh melalui ayak tersebut dengan sistem jirusan yang ditentukan (API STD 13A). Sisa yang terdapat di atas ayak, kemudiannya dikeringkan, ditimbang dan akhirnya ditentukan peratus berat dari bentonit asal. Bentonit yang memenuhi ketentuan ini untuk digunakan sebagai lumpur penggerudian mestilah mempunyai tidak lebih dari 2.5% sisa (grit).

(iii) Lembapan:

Kandungan lembapan maksimum bagi bentonit semasa dalam pelayaran dari logi di mana ianya diproses kan adalah 10%.

Pengikat pasir foundri (Foundry sand bond)

Penentuan yang dicadangkan bagi bentonit untuk diguna sebagai pengikat pasir foundri ada digaris dalam 'Steel

Founders Society of America SFSA Designation 13T-65

(1965)'. Penentuan ini berkehendakkan bentonit mempunyai ciri-ciri dan sifat-sifat berikut:-

- (i) kandungan air seharusnya tidak mencapai 12% atau kurang dari 6%.
- (ii) nilai pH seharusnya sama atau lebih besar dari 8.2.
- (iii) kandungan kalsium oksid seharusnya tidak mencapai 0.7% dan
- (iv) had cecair (liquid limit) seharusnya tidak kurang dari 600 atau lebih besar dari 850.

Setiap faoundri mempunyai ketentuan sendiri dari segi kekuatan basah, kekuatan kering dan kekuatan panas bagi bentonit, di mana berbeza dari setiap jenis logam, saiz acuan dan tatacara pengeluaran foundri.

Mempelet bijih besi

Penentuan bagi bentonit yang diguna dalam mempelet bijih besi jenis takonit tidak mempunyai piawaian dan ada beberapa ujian digunakan. Oleh kerana pelet-pelet basah mesti berkebolehan menahan sebarang perlakuan, pemampatan, pengeringan dan supaya pelet-pelet kering lebih kuat dari yang basah, maka campuran dari bentonit, bijih besi dan air biasanya diuji dari segi kekuatan titisan-basah

(wet-drop strength), kekuatan mampatan basah, canggaan/ubah bentuk plastik dan kekuatan mampatan kering.

Bahan penyerap berbutir

Kebanyakan bahan penyerap berbutir yang dipasarkan adalah disediakan bagi memenuhi keperluan sebagaimana digariskan dalam 'Federal Specification P-A- 1056A, Absorbent Material, Oil and Water, US General Services Administration' dan ASTM.

Penentuan tersebut memerlukan bahan penyerap berbutir terdiri dari campuran sebatian dari mineral-mineral jenis silikat. Ianya juga mestilah bersih dan bebas dari gumpalan atau bahan-bahan asing, dan tidak lebih dari 10% boleh melepasi melalui ayak 80-mesh.

Kesimpulan dan Perbincangan

Di Amerika Syarikat permintaan bagi bentonit bertambah pada kadar lebih kurang sama dengan pertumbuhan keluaran Negara Kasar. Mengikut Cooper (1970) iaitu pada tahun 2000, pengeluaran bentonit di Amerika Syarikat dijangka akan menjangkau kepada 3 hingga 5 kali dari jumlah keluaran pada tahun 1968.

Melihat perkembangan industri bentonit di negara Amerika yang sudah sedemikian majunya, kemungkinan besar hal ter-

sebut akan juga berlaku di Malaysia sebagai negara yang sedang membangun dan giat dalam pembangunan, terutama di bidang perindustrian.

Malaysia adalah salah satu negara pengeksport petroleum dan gas asli, selain itu juga sebagai negara pengeluar utama minyak kelapa sawit di dunia. Pada waktu mendatang, eksplorasi petroleum semakin lama semakin meningkat, yang secara langsung keperluan untuk mengadakan bahan lumpur gerudi semakin lama semakin meningkat pula.

Di dalam industri minyak masak, diperkirakan untuk masa akan datang pengeluaran minyak masak semakin lama semakin bertambah. Bahawasanya di dalam proses penjernihan minyak masak tersebut, bentonit diperlukan sebagai bahan penyerap (absorbent) atau sebagai bahan pemutih (bleaching). Dengan meningkatnya pengeluaran minyak masak, secara tidak langsung akan meningkatkan pula keperluan bentonit sebagai bahan penyerap/pemutih.

Selama ini untuk memenuhi keperluan penggunaan bentonit di Malaysia, pengadaaan bahan ini masih diimport dari luar negeri terutama dari Amerika Syarikat. Sepengetahuan penulis hingga saat kini belum ada data-data ataupun catatan yang pasti dan sesuai mengenai berapa besar jumlah penggunaan bentonit di Malaysia.

Memandangkan bentonit begitu banyak kegunaannya dan pemakaiannya semakin meningkat, maka pada pertengahan tahun 1986, Jabatan Penyiasatan Kajibumi Malaysia telah memulakan kerja-kerja peninjauan/survei untuk mencari enapan bentonit di Malaysia. Ada beberapa kawasan yang dikenal pasti mungkin terdapatnya enapan bentonit telah dijalankan penggerudian permulaan (preliminary drilling), tetapi setakat ini tiada mendapat keputusan yang menunjukkan hasil yang positif sama ada dari segi kualiti bahan tersebut dan ekonomi dikerjakan.

Walaupun kelihatan penggunaan bentonit semakin bertambah, tetapi sejak kebelakangan ini ianya mendapat saingan dari berbagai bahan yang timbul hasil dari kemajuan teknologi seperti 'synthetic hectorit' dan 'organic-clad bentonite' (Lefond, 1983). Jumlah bentonit juga mengalami kekurangan di dalam penggunaan untuk lumpur dasar minyak dan lumpur khusus yang diganti dengan KCI-polimer. Walaubagaimanapun, bentonit adalah bahan yang termurah dan paling berkesan bagi lumpur yang diguna pada jenis penggerudian tertentu buat masa sekarang dan akan datang.

Rujukan:

- Anon., 1952. Manual of ASTM Standards on Refractory Materials, Committee C-8, American Society for Testing & Material, 294 pp.
- Anon., 1958. "Bleaching Test", A.O.C.S. Official Method. Cc 8a 52, American Oil Chemists Society, 2 pp.
- Anon., 1963. "Foundry Sand Handbook, 7th. ed., American Foundrymen's Society, Chicago, JL, 200 pp.
- Anon., 1969. "API Recommended Practice Standard Procedure for Testing Drilling Fluids," API RP 13B, 2nd. Ed., American Petroleum Institute, 19 pp.
- Anon., 1969a. "API Specifications for Oil Well Drilling Fluid Materials," API STD 13a, 5th. ed., American Petroleum Institute, 11 pp.
- Gilson, J.L. 1960. Industrial Mineral and Rock, The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, New York, Third Edition.

Grim, R.E. 1962. Applied Clay Mineralogy, Second Edition,
Mc Graw Hill Book Company, Inc., New York,
422 pp.

Grim, R.E. 1968. Clay Mineralogy, 2nd. edition, Mc. Graw
Hill Book Company, New York, 596 pp.

Leefond, S.J. 1983. Industrial Minerals and Rocks.
American Institute for Mining, Metallurgical
and Petroleum Engineers, 5th. edition, New York.

Necip Guven and Grim, R.E. 1978. Bentonites; Geology,
Mineralogy, Properties and Uses. Elsevier
Scientific Publishing Company, New York,
Amsterdam, Oxford, 256 pp.

Worral, W.E. 1968. Clays, Their Natures, Origin and
General Properties. Maclaven and Sons, London.

ooo0ooo